

УДК 621.315.2

И.А. Костюков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОГО ПОТОКА В ФЕРРОМАГНИТНОЙ ПРОВОЛОЧНОЙ БРОНЕ ОДНОЖИЛЬНОГО СИЛОВОГО КАБЕЛЯ

Поставлена задача визначення ефективної поведомленої магнітної проникності броні одножильних силових кабелів. Запропонована методика експериментального визначення поведомленої компоненти магнітного потоку в спіральному ферромагнітному дроті броні.

Поставлена задача определения эффективной продольной магнитной проницаемости брони одножильных силовых кабелей. Предложена методика экспериментального определения продольной компоненты магнитного потока в спиральной ферромагнитной проволоке брони.

ВВЕДЕНИЕ

Наличие достаточно сильной анизотропии магнитной проницаемости материала является одним из факторов, которые необходимо учитывать при расчете потерь на продольные и вихревые токи в проволочной броне силовых кабелей [1-3]. В качестве примера одного из таких типов кабелей можно привести одножильный силовой кабель типа МНСК. При этом, согласно математическим моделям для расчета потерь в проволочной броне, часть паразитных потерь в спиральной проволоке брони обусловлена составляющей напряженности магнитного поля, направленной по касательной к спирали проволоки. С учетом отмеченной выше анизотропии магнитных свойств проволоки брони возникает необходимость поставить вопрос об определении усредненных по объему магнитных характеристик спиральной проволоки по отношению к напряженности магнитного поля, направленной по касательной к спирали. Очевидно, что эти свойства могут зависеть от таких конструктивных параметров кабеля как шаг наложения спирали, радиус образующего цилиндра спирали, диаметр проволоки. Одним из возможных путей при решении поставленной задачи может стать намагничивание спирального образца продольным полем соленоида. Магнитное поле соленоидов при исполнении катушки с достаточно большим отношением длины к диаметру является однородным и направлено вдоль оси соленоида. Таким образом, при сканировании однородным продольным полем спирального образца появляется возможность создания определенной напряженности магнитного поля, направленной по касательной к спирали. Информацию об эффективных магнитных параметрах образца можно получать, измеряя сигналы измерительной катушки, располагая ее коаксиально с намагничивающей, то есть, фактически применяя простейшую схему вихрекового преобразователя. Одним из указанных конструктивных факторов, определяющих эффективные электромагнитные свойства проволоки, является шаг наложения проволоки. При сканировании продольным полем соленоида спиральной проволоки наблюдается увеличение наведенного напряжения на измерительной катушке. Нарастание наведенного напряжения становится все более выраженным при увеличении шага наложения спиральной проволоки. Это связано с увеличением взаимной индукции между намагничивающей и измерительной катушками.

Что, в свою очередь, вызвано увеличением роли продольной магнитной проницаемости проволоки при большом шаге наложения спирали. Данный факт показывает, что сигналы измерительной обмотки являются чувствительными к шагу спиральной проволоки, что может использоваться при оценке компонент напряженности магнитного поля в спиральной проволоке, а также электромагнитных характеристик материала. В частности, интерес вызывает влияние шага наложения спирали на продольную компоненту магнитной индукции и магнитного потока в стальной проволоке, поскольку очевидно, что увеличение напряжения на измерительной катушке может быть обусловлено только продольной компонентой магнитной индукции в проволоке. Широкие возможности для детального исследования влияния шага намотки исследуемой спиральной проволоки на величину магнитного потока в спиральной проволоке дает применение хорошо известной измерительной схемы с дифференциальным включением измерительных обмоток. В данном варианте измерительной схемы применяется последовательное согласное включение возбуждающих катушек, а также встречное включение измерительных катушек [4]. Кроме того, возможно определение продольной компоненты магнитного потока при согласном включении измерительных катушек.

АНАЛОГИЯ МЕЖДУ НАПРАВЛЕНИЯМИ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ СОЛЕНОИДА И ОДНОЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СПИРАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

Математические модели относительно определения потерь на вихревые токи от собственного магнитного поля в экранах одножильных кабелей основаны на рассмотрении потока вектора Пойнтинга в радиальном направлении. Напряженность магнитного поля в этом случае имеет компоненту H_φ , напряженность электрического поля и векторный потенциал имеют продольную компоненту E_z и A_z .

При намагничивании спирального образца однородным продольным полем соленоида H_z появляется возможность моделирования касательной составляющей напряженности магнитного поля H_τ и определения эффективных магнитных параметров проволоки по отношению к данной компоненте поля.

© И.А. Костюков

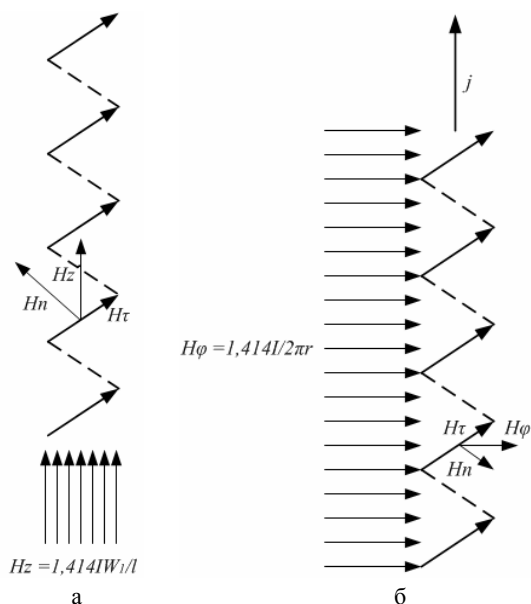


Рис. 1. Выделение нормальной и касательной компонент напряженности магнитного поля при намагничивании спиральной ферромагнитной проволоки:
а) продольным полем соленоида;
б) поперечным полем жилы кабеля

Таким образом, можно отметить присутствие аналогии при выделении касательной и нормальной компонент напряженности магнитного поля по отношению к спирали проволоочной брони. Указанная аналогия дает возможность определять магнитные характеристики материала брони в поле соленоида. Тем не менее, актуальной является разработка методов определения эффективных магнитных параметров проволоочной брони в реальных условиях эксплуатации кабельной линии, к которым в первую очередь относится необходимость учета магнитного поля не только от собственной жилы кабеля, но и от соседних кабелей в линии.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальное определение влияния шага наложения спирали на продольную составляющую магнитного потока в спиральной ферромагнитной проволоке при намагничивании ее продольным полем соленоида.

ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ И АНАЛИЗЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Учитывая сложную геометрию спирального образца, а также то, что вихревые преобразователи с продольным полем зачастую используются для контроля электрофизических свойств прямолинейных образцов, необходимо принять некоторые допущения и ограничения относительно электрофизических процессов в вихрековом преобразователе. К таким допущениям здесь следует отнести следующие:

1. С учетом геометрии проволоки, даже при исполнении намагничивающих и измерительных катушек с достаточно большим отношением их длины к диаметру из-за поля реакции вихревых токов нет достаточных оснований предполагать только наличие продольной составляющей напряженности намагни-

чивающего поля непосредственно на поверхности исследуемой проволоки. В дальнейшем, при проведении измерений и анализе результатов, будет подразумеваться существование только продольной компоненты напряженности намагничивающего поля во всем пространстве между спиральной проволокой и внутренней поверхностью намагничивающей катушки. Такое допущение, фактически, равносильно пренебрежению полем реакции вихревых токов, что может приводить к некоторым погрешностям, особенно при увеличении частоты намагничивающего тока.

2. С целью избежать влияния нелинейных эффектов на результаты измерения целесообразно ограничиться определением продольной компоненты магнитного потока при постоянной магнитной проницаемости, то есть при работе на начальном участке кривой намагничивания. Кроме того, учитывая необходимость обеспечить одинаковую напряженность магнитного поля (амплитудное значение) на поверхности спиральной проволоки, при увеличении количества витков намагничивающей катушки, которое соответствует увеличению шага спирали, при измерениях следует обеспечить соответствующее уменьшение величины намагничивающего тока I_1 , в соответствии с формулой:

$$I_1 = \frac{H_0 l}{\sqrt{2} W_1}, \quad (1)$$

где l – длина намагничивающей катушки, W_1 – количество витков намагничивающей катушки, H_0 – напряженность зондирующего магнитного поля.

Величина намагничивающего тока ограничивалась значением $I_1 \approx 40$ мА. При этом следует отметить, что ограничение величины намагничивающего тока для спирального образца является несколько завышенным. Это связано с тем, что при исследовании спирального образца, при прочих равных условиях, учитывая существенно меньшие значения наведенного напряжения на измерительной катушке по сравнению с прямолинейным образцом, продольная компонента магнитной индукции в спиральной проволоке не достигает тех же значений что в прямолинейном образце.

3. При малых частотах возбуждающего поля (50 Гц, 120 Гц), при относительно малых величинах полезного сигнала измерительной катушки, в данном случае необходимо учитывать влияние различных шумов и высших гармоник на результаты измерений. В дальнейшем, при оценке продольной компоненты магнитного потока в ферромагнитной проволоке, сигналы измерительной обмотки будут считаться гармонически меняющимися во времени функциями.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Величина и частота намагничивающего тока регулировались с использованием генератора сигналов FG-32. Частота зондирующего поля составляла 50 Гц, 100 Гц, 120 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 1,5 кГц. Диаметр намагничивающих катушек составлял 50 мм, диаметр измерительных катушек составлял 32 мм. Как следствие, измерительные и намагничивающие катушки

не прилегали плотно друг к другу, что обуславливало дополнительное индуктивное сопротивление схемы, за счет магнитного потока между катушками. Количество витков намагничивающих W_1 и измерительных W_2 катушек составляло 490, 580, 670. Шаг спиральной проволоки, соответственно, составлял 34 мм, 50 мм, 66 мм. Длина катушек составляла 260 мм, 300 мм, 340 мм. Напряженность зондирующего магнитного поля, равная линейной плотности тока в соленоиде, (амплитудное значение) выбиралась равной 110 А/м. Учитывая необходимость обеспечить одинаковую напряженность магнитного поля намагничивающих обмоток на поверхности образца, в соответствии с формулой (1) были рассчитаны необходимые уточненные значения тока намагничивающих катушек. Эти скорректированные значения составили 41 мА, 40 мА, 39 мА, соответственно, для количества витков 490, 580, 670. Величина тока в намагничивающих катушках контролировалась с использованием цифрового мультиметра SANWA PC – 510a. Напряжение на вторичной цепи, образованной встречно включенными измерительными катушками, контролировалось с использованием цифрового осциллографа SIGLENT SDS 1102CML (среднеквадратическое значение напряжения, TRUE RMS). Диаметр проволоки спирали составлял 1 мм. Диаметр образующего цилиндра спирали составлял 11 мм. В реальных конструкциях силовых кабелей шаг наложения проволоочной брони обычно в 8-15 раз больше диаметра кабеля [5]. Для исследуемых здесь спиральных образцов отношение шага спирали к диаметру образующего цилиндра составляет 3,1 для соленоида с минимальным количеством витков, и 6 для соленоида с максимальным количеством витков. Продольная относительная магнитная проницаемость проволоки составляет $\mu_r = 140$, предварительно определялась с использованием параметрического вихретокового преобразователя и методики, приведенной в [6]. Измерения продольной магнитной проницаемости проводились для прямолинейных образцов стальной проволоки, из которых впоследствии изготавливались спиральные. Следует отметить наличие некоторого сигнала, даже при отсутствии в схеме исследуемого образца. Это наличие при отсутствии исследуемого образца в случае встречного включения измерительных катушек может быть обусловлено некоторыми различиями при изготовлении намагничивающих и измерительных обмоток, поскольку в схеме измерения не была предусмотрена компенсация электродвижущих сил, обусловленных различием изготовления катушек. Кроме того, наличие некоторого сигнала может быть вызвано и наличием шумов в цепи измерения, в частности белого шума. Так, на рис. 2 приведена осциллограмма напряжения на измерительной цепи при величине намагничивающего тока 44 мА и частоте 120 Гц, при отсутствии в схеме исследуемого образца. Шаг дискретизации по времени составлял $8 \cdot 10^{-6}$ с.

На рис. 3 и 4 приведены амплитудные спектры для сигнала на рис. 2.

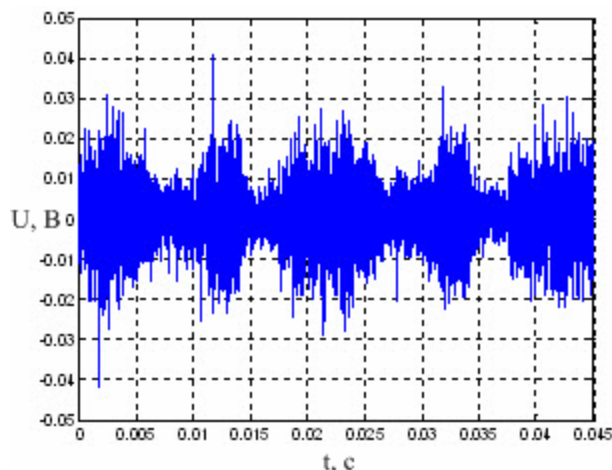


Рис. 2. Осциллограмма напряжения на измерительной цепи при встречном включении измерительных катушек

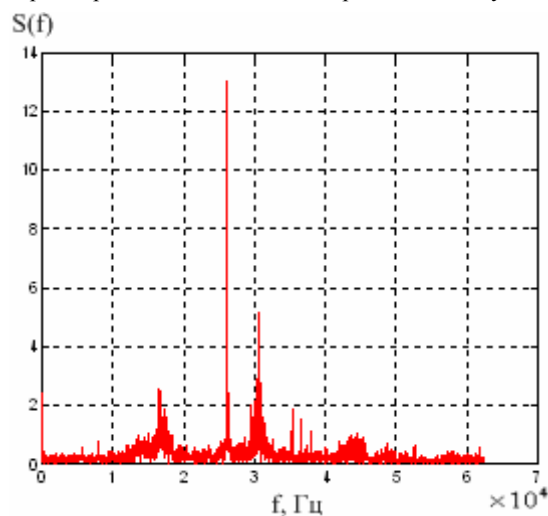


Рис. 3. Амплитудный спектр для сигнала измерительных катушек на рис. 2

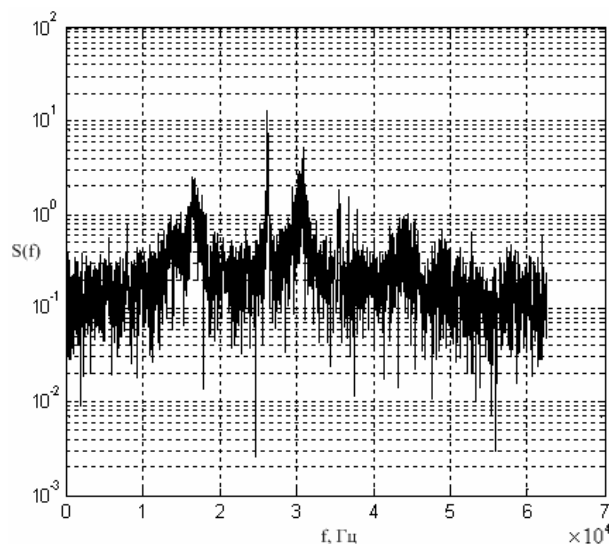


Рис. 4. Амплитудный спектр для сигнала измерительных катушек на рис. 2, в полулогарифмическом масштабе

Частота Найквиста f_N для массива частот на рис. 3 и 4 находилась из выражения [7]:

$$2\pi f_N = \frac{\pi}{\Delta t}, \quad (2)$$

где Δt – шаг выборки.

При указанном выше шаге дискретизации по времени частота Найквиста составляет $6,25 \cdot 10^4$ Гц. При спектрах, приведенных на рис. 3 и рис. 4, средне-квадратическое значение напряжения на рис. 2 составляет $10 \cdot 10^{-3}$ В. В то же время, отсутствие максимума на рис. 3, соответствующего основной частоте зондирующего поля, свидетельствует о некотором влиянии шумов на измеряемое значение напряжения как приведенных, так и последующих измерений. Шумы, затрудняющие анализ, иллюстрирует рис. 2. К основным источникам таких шумов можно отнести как цепи питания, собственно, генератора сигналов и осциллографа, паразитные электромагнитные наводки, наличие белого шума на высокоомном сопротивлении осциллографа. Наличие такого влияния, очевидно, следует подразумевать и при проведении последующих измерений.

Схема включения катушек приведена на рис. 5.

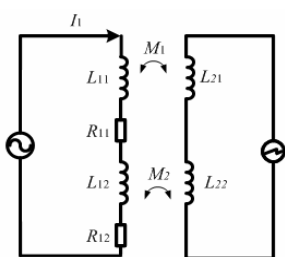


Рис. 5. Схема включения измерительных и намагничивающих катушек

На рис. 5 катушки L_{21} и L_{22} при измерениях подключались как встречно, так и согласно. Следует отметить, что параметры схемы равны между собой только в идеализированном случае их одинакового изготовления и при отсутствии в схеме спирального образца. Наличие образца обуславливает не только различие взаимных индукций M_1 и M_2 , но и отличие индуктивностей L_{12} от других индуктивностей схемы. Таким образом, при измерениях неизвестными параметрами схемы являются M_2 и L_{22} .

Для вторичной цепи при согласном и встречном включении измерительных обмоток:

$$M_2 \frac{di_1}{dt} \pm M_1 \frac{di_1}{dt} = u, \quad (3)$$

где u – напряжение на измерительной цепи преобразователя.

В формуле (3) знак плюс ставится при согласном включении и знак минус при встречном. Откуда, переходя к действующим значениям напряжения и тока, неизвестный коэффициент взаимной индукции M_2 можно найти из выражения:

$$M_2 = \frac{U \pm M_1 \omega I_1}{\omega I_1}. \quad (4)$$

В формуле (4) знак "плюс" – при встречном включении, знак "минус" – при согласном включении. При расчетах коэффициент взаимной индукции M_1 находился из выражения:

$$M_1 = \frac{\mu_0 \pi r^2 W_1 W_2}{l}, \quad (5)$$

где r – радиус измерительной катушки, $\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-7}$ (Гн/м).

Таким образом, определяя по формуле (5) взаимную индуктивность между намагничивающей и измерительной катушками без образца (L_{11} и L_{21}), а также зная напряжение u можно найти взаимную индуктивность M_2 , которая определяется продольной компонентой магнитной индукции в спиральной проволоке. На рис. 6 приведены частотные зависимости напряжения на измерительной цепи при согласном включении измерительных катушек.

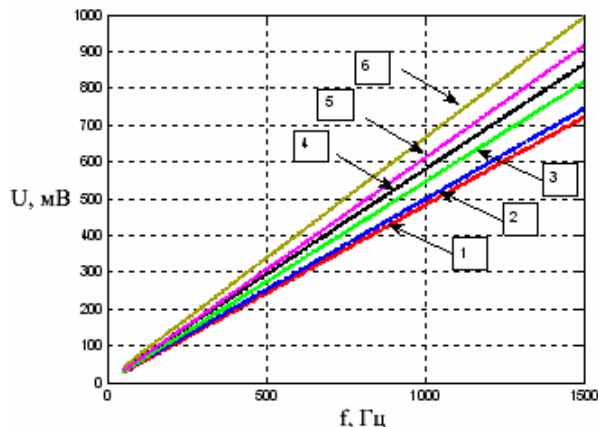


Рис. 6. Частотные зависимости измеренного напряжения при согласном включении измерительных катушек:
1 – 490 витков катушки при отсутствии образца;
2 – 490 витков катушки с образцом; 3 – 580 витков катушки при отсутствии образца; 4 – 580 витков катушки с образцом;
5 – 670 витков катушки при отсутствии образца;
6 – 670 витков катушки с образцом

На рис. 7 приведены частотные зависимости напряжения на измерительной цепи при встречном включении измерительных катушек.

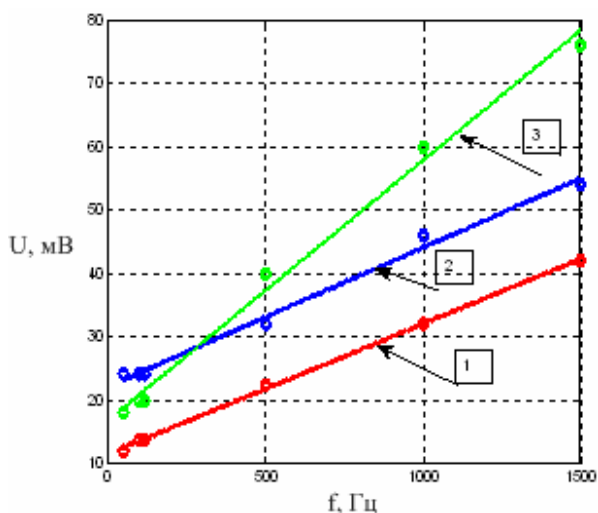


Рис. 7. Частотные зависимости измеренного напряжения при встречном включении измерительных катушек:
1 – 490 витков катушки; 2 – 580 витков катушки;
3 – 670 витков катушки

Учитывая характер изменения напряжения на измерительной цепи с увеличением частоты при встречном включении измерительных катушек, приведенный на рис. 7, в дальнейшем взаимная индуктивность M_2 при встречном включении измерительных катушек будет определяться, начиная с частоты 500 Гц. На рис. 8-10 приведены частотные зависимо-

сти коэффициента взаимной индукции M_2 , рассчитанные по формуле (4), для вихреговых преобразователей с разным количеством витков и, соответственно, различным шагом спирали. Для взаимных индуктивностей, измеренных при встречном включении измерительных катушек, на рис. 8-10 приведены данные, начиная с частоты 500 Гц, которые затем экстраполируются в область малых частот.

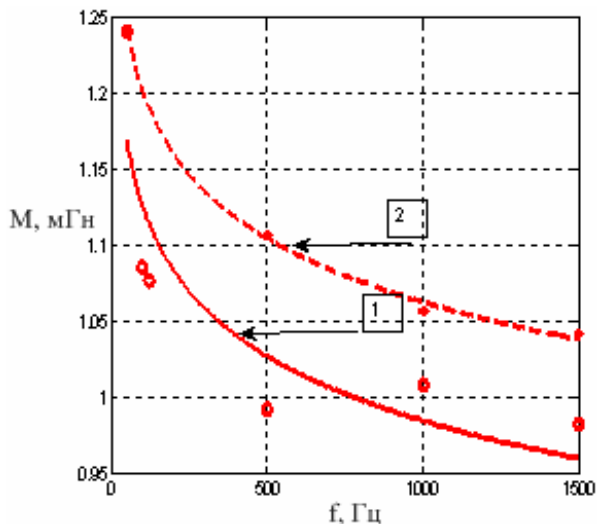


Рис. 8. Частотная зависимость взаимной индуктивности при 490 витках: 1 – при согласном включении измерительных катушек; 2 – при встречном включении измерительных катушек

Аппроксимирующие функции на рис. 8 определяются по формулам:

$$M_2(f) = 1,4095 - 0,0615 \ln(f) \quad \text{— (кривая 1),} \quad (6)$$

$$M_2(f) = 1,4812 - 0,0605 \ln(f) \quad \text{— (кривая 2).} \quad (7)$$

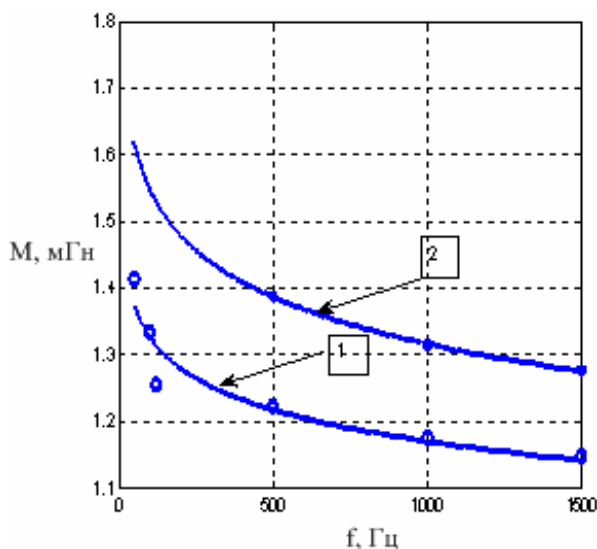


Рис. 9. Частотная зависимость взаимной индуктивности при 580 витках: 1 – при согласном включении измерительных катушек; 2 – при встречном включении измерительных катушек

Аппроксимирующие функции на рис. 9 определяются по формулам:

$$M_2(f) = 1,6443 - 0,0686 \ln(f) \quad \text{— (кривая 1),} \quad (8)$$

$$M_2(f) = 2,0156 - 0,1012 \ln(f) \quad \text{— (кривая 2).} \quad (9)$$

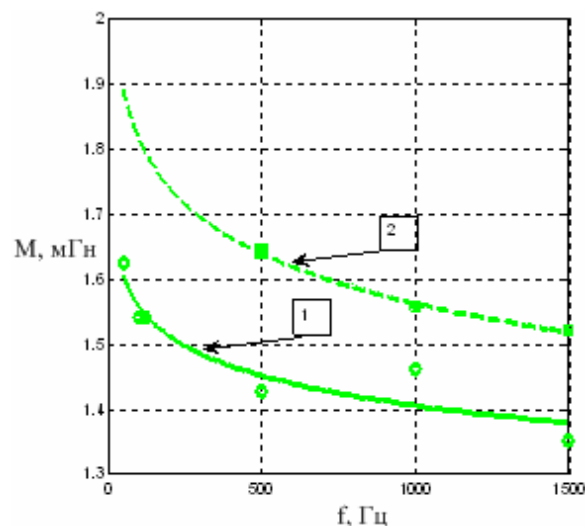


Рис. 10. Частотная зависимость взаимной индуктивности при 670 витках: 1 – при согласном включении измерительных катушек; 2 – при встречном включении измерительных катушек

Аппроксимирующие функции на рис. 10 определяются по формулам:

$$M_2(f) = 1,8653 - 0,0665 \ln(f) \quad \text{— (кривая 1),} \quad (10)$$

$$M_2(f) = 2,3243 - 0,1102 \ln(f) \quad \text{— (кривая 2).} \quad (11)$$

Для данных на рис. 8-10 наблюдается примерно одинаковый характер изменения взаимной индуктивности с ростом частоты при встречном и при согласном включении измерительных катушек. При этом видно, что взаимная индуктивность, определенная при встречном включении измерительных катушек, во всем рассматриваемом диапазоне частот несколько превышает взаимную индуктивность, определенную при согласном включении катушек. Разница между указанными двумя взаимными индуктивностями в большинстве случаев находится в диапазоне 0,1-0,2 мГн. Коэффициент взаимной индукции M_1 составляет 0,93 мГн, 1,13 мГн, 1,31 мГн, соответственно, для количества витков 490, 580, 670. Определив взаимную индукцию M_2 , можно найти потокосцепление, а также магнитный поток в измерительной катушке с образцом:

$$\Phi_2 = \frac{M_2 I_1}{W_2}. \quad (12)$$

Так, для схемы с 670 витками измерительных катушек при частоте 50 Гц магнитный поток составляет $9,4 \cdot 10^{-8}$ Вб, при частоте 500 Гц магнитный поток уменьшается до $8 \cdot 10^{-8}$ Вб.

Увеличение наведенного напряжения на измерительной катушке при увеличении шага наложения спиральной проволоки может быть обусловлено не только влиянием продольной магнитной проницаемости на результирующий магнитный поток в измерительной катушке, но и увеличением магнитного потока через основание образующего цилиндра спирали. С учетом этого, возникает необходимость исследования влияния шага наложения спиральной проволоки на часть индуктивности измерительной катушки, которая обусловлена магнитным потоком через основание образующего цилиндра спирали. Эта часть индуктивности оказывает непосредственное влияние, как на

импеданс схемы измерения, так и на величину полезного сигнала измерительной обмотки. Исследования эффективности экранирования продольного магнитного поля проводились с использованием экранного вихретокового преобразователя. Соленоиды имели такие же параметры, как и при определении продольной компоненты магнитного потока. Намагничивающие катушки подключались согласно, а измерительные катушки подключались встречно. При измерениях между одной из намагничивающих и измерительных катушек располагался исследуемый спиральный образец, между другой парой катушек – воздушный зазор. При описанной схеме показания осциллографа, который регистрирует разность электродвижущих сил в измерительных катушках, должны определяться взаимной индукцией между намагничивающей и измерительной обмотками преобразователя с образцом. Аналитическое или численное определение этой взаимной индукции в случае значительного экранирующего действия, особенно при произвольном шаге наложения спирали, вызвало бы существенные затруднения. Согласно измерениям, показания осциллографа практически не зависят от наличия спирального образца. Таким образом, по крайней мере, до частоты 1,5 кГц, и при используемых здесь величинах намагничивающих токов и исследуемых образцах экранирующее действие проволоки может не учитываться.

ВЫВОДЫ

Предложена методика экспериментального определения продольной компоненты магнитного потока в стальной спиральной проволоке брони силового кабеля при работе на начальном участке кривой намагничивания. Погрешности при определении продольной компоненты магнитного потока могут быть вызваны некоторым различием витков исследуемой спирали. Кроме того, при анализе результатов необходимо учитывать, что продольная магнитная проницаемость определялась для прямолинейных образцов, что не исключает влияния механических деформаций на продольную магнитную проницаемость при изготовлении спиральных. По крайней мере, в диапазоне частот до 1,5 кГц и при слабых магнитных полях нет необходимости учета экранирующих свойств спиральной проволоки и ее влияния на часть индуктивности измерительной схемы, которая определяется магнитным потоком через основание образующего цилиндра исследуемой спирали. Для повышения точности определения взаимной индукции между измерительной и намагничивающей катушками необходимо осуществлять компенсацию электродвижущих сил, вызванных различием изготовления намагничивающих и измерительных катушек. С этой целью целесообразно применение известных схем компенсации, изложенных, например, в [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barrett J.S., Anders G.J. Circulating current and hysteresis losses in screens, sheaths and armour of electric power cables – mathematical models and comparison with IEC Standard 287. *IEEE*, vol.144, no.3, May 1997, pp. 101-110.

2. Palmgren D., Karlstrand J., Henning J. Armour loss in three-core submarine XLPE cables. *Int. conf. on insulated power cables*. 19-23 June 2011. Conference publications.
3. Гури́н А.Г., Щебенюк Л.А. Визначення навантажувальної здатності силових кабелів. – Х.: НТУ "ХПІ", 2013. – 136 с.
4. Родигин Н.М., Коробейникова И.Е. Контроль качества изделий методом вихревых токов. – Свердловск: Машгиз, 1958. – 62 с.
5. Карпушенко В.П., Щебенюк Л.А., Антоненко Ю.О., Науменко О.А. Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість. Х.: Регіон-інформ, 2000. – 376 с.
6. Себко В.П., Юданова Н.Н., Ноздрачева Е.Л., Жаркова О.С. Расчет параметрического и трансформаторного электромагнитных преобразователей. – Х.: НТУ "ХПІ", 2004. – 72 с.
7. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.

REFERENCES: 1. Barrett J.S., Anders G.J. Circulating current and hysteresis losses in screens, sheaths and armour of electric power cables – mathematical models and comparison with IEC Standard 287. *IEEE*, vol.144, no.3, May 1997, pp. 101-110. 2. Palmgren D., Karlstrand J., Henning J. Armour loss in three-core submarine XLPE cables. *Int. conf. on insulated power cables*. 19-23 June 2011. Conference publications. 3. Gurin A.G., Shhebenjuk L.A. *Vyznachennja navantazhuval'noi' zdatnosti sylovykh kabeliv* [Determination of loading capacity of power cables]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2013. 136 p. 4. Rodigin N.M., Korobeinikova I.E. *Kontrol' kachestva izdelii metodom vikhrevykh tokov* [Control of products quality using eddy current method]. Sverdlovodsk, Mashgiz Publ., 1958. 62 p. 5. Karpushenko V.P., Shhebenjuk L.A., Antonets Yu.O., Naumenko O.A. *Sylovi kabeli nyz'koi' ta seredn'oi' napruhy. Konstruiuvannja, tehnologija, yakist'* [Power cables of low and medium voltage. Designing, technology, quality]. Kharkov, Region-inform Publ., 2000. 376 p. 6. Sebko V.P., Yudanov N.N., Nozdracheva E.L., Zharkova O.S. *Raschet parametricheskogo i transformatornogo elektromagnitnykh preobrazovatelej* [Calculation of parametric and transformer electromagnetic converters]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2004. 72 p. 7. Smolentsev N.K. *Osnovy teorii veivletov. Veivlety v MATLAB* [Basics of wavelets theory. Wavelets in MATLAB]. Moscow, DMK Press Publ., 2005. 304 p.

Поступила (received) 10.07.2014

Костиюков Иван Александрович, аспирант, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21, тел/phone +38 057 7076010, e-mail: Kostiukow.Ivan@yandex.ru

*I.A. Kostiukov
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
21, Frunze Str., Kharkiv, 61002, Ukraine*

Experimental determination of longitudinal component of magnetic flux in ferromagnetic wire of single-core power cable armour.

A problem of determination of effective longitudinal magnetic permeability of single core power cable armour is defined. A technique for experimental determination of longitudinal component of magnetic flux in armour spiral ferromagnetic wire is proposed.

Key words – eddy current, mutual inductance, longitudinal magnetic flux, power cable armour.